Archive of SID

اثر وجود بافل در توزیع سرعت در عمل اختلاط در تهیه پربورات سدیم با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)

مجتبی سمنانی‌رهبر دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی
اصغر علیزاده داخل مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت

چکیده

اختلاط یکی از رایج‌ترین عملیات‌ها در فرآیندهای شیمیایی است و شناخت الگوی جریان سیال می‌تواند کمک بسیار مهمی در بهینه‌سازی آن ایفا نماید. در فرآیند تهیه پربورات سدیم چهارآبه، متابورات سدیم و آب اکسیژنه در یک مخزن با هم مخلوط شده واکنش می‌دهند و برای اختلاط این دو ماده می‌توان از همزن توربینی دوپره‌ای استفاده کرد. دراین تحقیق نقش بافل در توزیع سرعت حاصل از یک پروانه توربینی دو پره‌ای در راکتور تهیه پربورات سدیم با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی مورد بررسی قرار گرفته است. بردارها و کانتورهای سرعت در قسمت‌های مختلف بافل راکتور حاوی و بدون بافل ترسیم گردید. نتایج نشان داد که بافل‌های موجود در مخزن می‌توانند در الگوی جریان در جهت عمودی (محور مخزن) تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمایند بطوریکه آشفتگی لازم جهت اختلاط هرچه بیشتر مواد اولیه تأمین گردد.

کلمات کلیدی: اختلاط، بافل، پربورات سدیم، محاسبات دینامیکی سیال، آشفتگی.

Application of Computation Fluid Dynamic Method for Determination of Baffle Effects on Mixing Efficiency in Process of Sodium Perborate Preparation

M. Semnani Rahbar Chemical Eng. Dept., Eng. faculty, Imam Hussein University
A. Alizadehdakhel Islamic Azad University- Rasht branch

Abstract

Mixing is one of the more practice operations in chemical processes and knowledge of fluid flow profile can help for optimizing the operation considerably. In process of preparation of sodium perborate, Sodium metaborate and hydrogen peroxide, as raw materials, mix and react in presence of a turbine mixer. In this investigation, the role of presence of baffle in velocity profile in mixing tank including a turbine agitator with two impellers has been studied. Regarding this matter, velocity vectors and counters of different sections of tank in two cases; with and without baffles, have been drawn with the aid of computation fluid dynamic (CFD) method. The results show that radial velocities are the same for two cases but presence of baffle affects on vertical velocity. In the other words, baffle can increase turbulence in vertical axe

Key words: Mixing, Baffle, Sodium perborate, Computational fluid dynamics, Turbulence.

www.SID.ir

Archive of SID

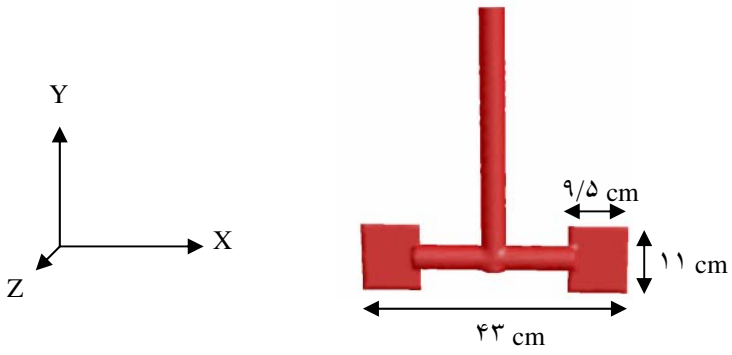
۱- مقدمه

پربورات سدیم با فرمول شیمیایی، $NaBO_3 . xH_2O$ به شکل کریستال‌های سفید رنگ، قابل حل در آب، پایدار و مادهٔ جامد منبع ایجاد اکسیژن فعال است. پربورات سدیم در انواع چهار آبه، سه آبه یک آبه و بدون آب (Anhydrous) یافت می‌شود که نوع‌های چهار آبه و یک آبه آن کاربردهای صنعتی بیشتر و مهمتری‌دارند [۱,۵]. با توجه به اهمیت نقش نوع همزن و الگوی جریان در اختلاط مواد اولیه در واکنش تولید پربورات سدیم چهار آبه، تبیین توزیع سرعت در عمل اختلاط می‌تواند نقش مهمی در افزایش محصول، دانه‌بندی و تخلخل آن داشته باشد. مطالعات زیادی برای استفاده از روش CFD در شناخت الگوهای جریان، مخصوصاً در سیستم‌های پیچیده مثل اختلاط صورت گرفته است [۶,۸].

در این تحقیق اثر افزودن بافل به راکتور تولید پربورات سدیم جهت بررسی توزیع سرعت در عمل اختلاط مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، ابتدا ظرف همزن دار با ابعاد و شکل هندسی موجود با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی مدلسازی گردید. سپس چهار بافل به ظرف همزن دار اولیه افزوده شده و محاسبات CFD برای این ظرف مجهز به بافل انجام گردید. با مقایسه مقادیر سرعت کل، مؤلفه‌های سرعت و تنش برشی در دو حالت فوق، اثر افزایش بافل به ظرف همزن دار به صورت کیفی مورد بررسی قرار گرفت. در مدلسازی CFD انجام شده برای رسم شکل هندسی و مش‌بندی از نرم افزار Gambit و برای انجام محاسبات از نرم افزار تجاری Fluent 6.2 استفاده شده است.

۲- مشخصات هندسی و فیزیکی

همزن استفاده شده متشکل از یک همزن توربینی دو پره‌ای است که در شکل (۱) نشان داده شده است. فاصله همزن از دیواره مخزن ۳/۵ cm و از کف ۴/ ۵ cm و سرعت آن ۶۰ rpm بوده است. در ظرف بافل دار، از چهار بافل به عرض ۲cm و ضخامت ۳ mm که تمام ارتفاع ظرف را می‌پوشانند استفاده شد. همچنین محورهای مختصات که در قسمت تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از محاسبات CFD مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل (۱) نشان داده شده است. محور y در راستای عمودی، x در جهت پره‌ها، و محور z عمود بر آن تعریف شده است. مایع مورد استفاده در اختلاط دارای ویسکوزیته ۱۰۰۰ سانتی پواز و دانسیته ۹۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب است.



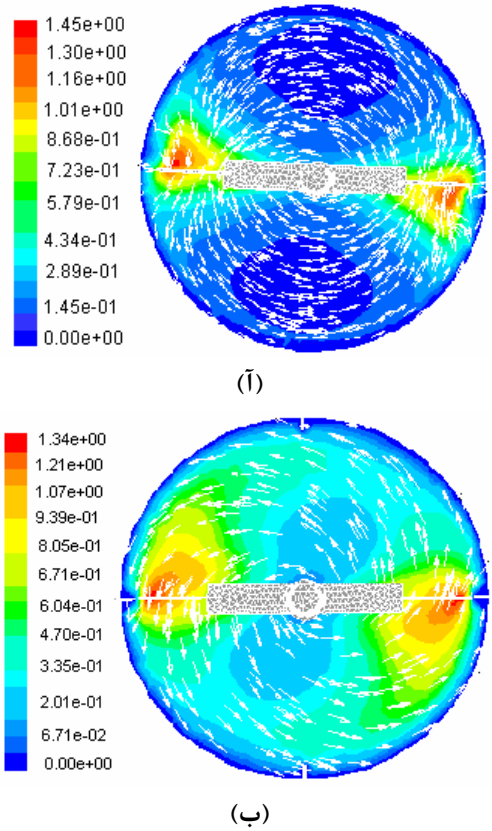
شکل ۱- مشخصات همزن مورد استفاده در فرآیند تهیه پربورات سدیم

www.SID.ir

Archive of SID

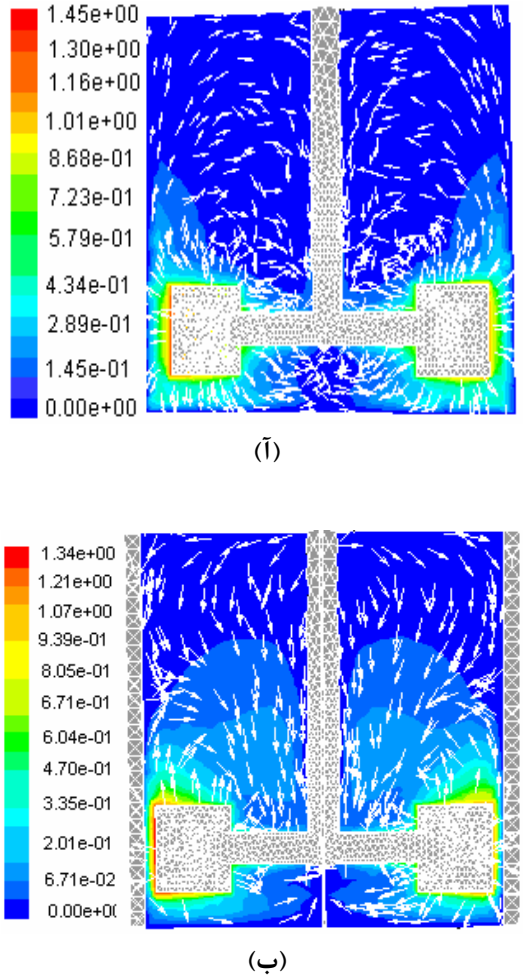
۳- مدلسازی CFD

مخـزن اخـتلاط بافـل دار و بـدون بافـل بـا ابعـاد مخـازن آزمایشگاهی که در جدول (۱) آورده شده است، به روش دینامیـک سیالات محاسباتی مدلسـازی گردیـد. بـرای شـبیه‌سـازی چـرخش پروانه از مدل MRF اسـتفاده گردیـد. در ایـن مـدل محاسـبات بـه صورت پایا (steady state) انجام می‌شود و مقادیر بدست آمده برای سرعت و سایر کمیت‌ها در واقع مقادیر متوسط زمانی هستند. دامنه حل برای ظرف بـدون بافـل و بافـل دار بـه ترتیـب بـه ۳۰۵۲۰۵ و ۳۰۶۰۱۷ حجم کنترلی تقسیم گردید. برای تصحیح فشار- سـرعت از الگوریتم simple استفاده گردید و اثرات آشـفتگی بـا اسـتفاده از مدل $RNG-k-\varepsilon$ مدنظر قرار گرفت.



شکل۲- کانتور سرعت در صفحه افقی گذرنده از مرکز همزن(y=10cm) (آ) بدون بافل (ب) با بافل

برای کف، دیواره‌ها و سقف ظرف از شرط مرزی دیواره با شـرط عدم لغزش (no slip) استفاده گردید. در تمـام حـالات، محاسـبات تکرار تا رسـیدن مقـادیر خطـای معـادلات پیوسـتگی، مؤلفـه‌هـای سرعت، k و ε به کمتر از 10^{-4} و همگرا شدن پاسخ انجام شد.



شکل ۳- بردار و کانتور سرعت در صفحه عمودی گذرنده از پروانه همزن (آ) بدون بافل (ب) با بافل

۴- نتایج و بحث

شکل (۲-آ) بردار و کانتور سرعت در صفحه افقی گذرنده از وسط پروانه را در مخزن بدون بافل و شکل (۲-ب) در مخزن بافل‌دار نشان می‌دهد. همچنان که مشاهده می‌شود در هر دو شکل

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت در سل‌های چسبیده به دیواره به علت شرط عدم لغزش، تقریباً صفر است. حداکثر سرعت در مخزن بدون بافل ۱/۴۵ m/s است در حالیکه در مخزن بافل‌دار به علت بعلت وجود بافل، سرعت کل کاهش یافته و حداکثر سرعت سیال ۱/۳۴ m/s است. در هر دو مورد سیال در مسیرهای دایره‌ای حرکت می‌کند. در مخزن بدون بافل، در دوطرف همزن مناطقی با سرعت تقریباً صفر وجود دارد و مناطق سرعت بالا فقط در نواحی نزدیک همزن مشاهده می‌شود. برای مخزن بافل‌دار نواحی با سرعت بالا در سطح وسیع‌تری پخش شده است.

در شکل (۳) بردار و کانتور سرعت در صفحه عمودی گذرنده از پروانه همزن و در شکل (۴)، این نمودارها در صفحه عمود بر محور پروانه ترسیم شده است.

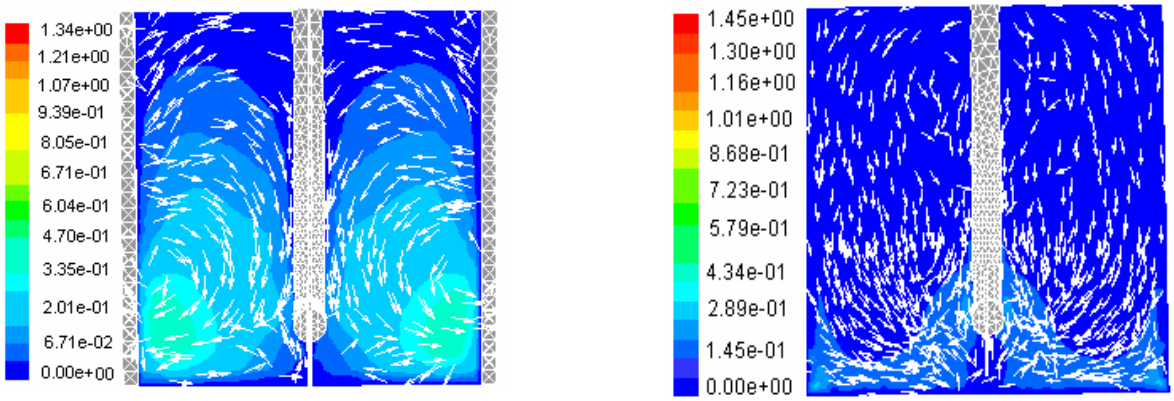
بارزترین نکته در این نمودارها این است که توزیع سرعت در ظرف بافل‌دار مناسب تر از ظرف بدون بافل است. در شکل (۳) وجود بافل باعث ایجاد الگوهای منظم جریان در دو طرف پروانه شده است. در شکل (۴)، چرخه‌های ایجاد شده در دو طرف پروانه در ظرف بافل‌دار نسبت به ظرف بدون بافل، منظم‌تر و با شعاع کوچکتر می‌باشند. نکته مهمتر اینکه وجود بافل باعث افزایش جریان شعاعی و درهم رفتن لایه‌های مختلف سیال گردیده شده است. منظور از جریان شعاعی، جریان سیال از مرکز ظرف به طرف دیواره ها و یا برعکس می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) می‌تواند در بررسی اختلاط و عوامل مؤثر بر آن (نظیر وجود بافل) مورد استفاده قرار گرفته و نتایج بدست آمده از این روش به خوبی قابل تجزیه و تحلیل خواهند بود. اگرچه بصورت تئوری وجود بافل از سرعت کل می‌کاهد، ولی نتایج بدست آمده نشان داد که این کاهش سرعت عمدتاً در جهت حرکت پروانه همزن صورت می‌پذیرد و در جهات دیگر وجود بافل می‌تواند سبب تشدید سرعت سیال شود.

جدول ۱- مشخصات مخزن و همزن اختلاط مورد استفاده در واکنش متابورات سدیم و آب اکسیژنه

دور همزن	ضخامت بافل	عرض بافل	تعداد بافل	قطر همزن	ارتفاع همزن	قطر مخزن	فاصله همزن از کف مخزن
۶۰Rpm	۳mm	۲cm	۴	۴۳cm	۵۰cm	۵۰cm	۴/۵cm



شکل ۴- بردار سرعت در صفحه عمودی عمود بر پروانه همزن

(آ) بدون بافل (ب) با بافل

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Rahbar S. M., Anousheh S., "Sodium perborate synthesis in bench scale", 14th Iranian chemistry & chemical engineering congress, 17-19 Feb, 2004.

[2] Yuksel Y. G., Sayan P., Titiz S., A. N. Bulutcu "Solubility of sodium perborate tetrahydrate in water & sodium metababorate solution", J. of Crys. Growth, 41, 586-588, 1996

[3]Comyns A. E., Kirk-othmer encyclopedia of chemical technology, vol. 18, John wiley & Sons, New York, 5th ed., 251-383, 2004.

[4] Sohnel O. et al., "Growth Kinetics of Sodium Perborate from crystallization", Journal of Crystal. Growth, 160(3-4), 355-360, 1996.

[5] Mandare N. P., Pangarkor G. V., "semi-batch reactive crystallization of sodum perborat tetrahydrate: offect of mixing parameters on crystal size", Chem. Eng. Sci., no 58, pp. 1125-1133, 2003.

[6] Sahu K.A., Kumar P., Patwardhan w.A., Joshi B.J., "CFD modeling and mixing in stirred tanks", Chem. Eng. Sci., vol 54, pp. 2285-2293, 1999.

[7] Aubin J., Fletcher F.D., Xuereb C., "Modeling turbulent flow in stirred tanks with CFD: the influence of the modeling approach, turbulence model and numerical scheme", Exp. Therm. and Fluid Science, vol 28, pp. 431-445, 2004.

[8] A. Asghar Alizadeh Dakhel, M. Rahimi, CFD simulation of homogenization in large-scale crude oil storage tanks, vol. 43, pp. 151-161, 2004.

www.SID.ir